



EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Annabel Ansi

**ENTOMOPATOGEENSE SEENE *Beauveria bassiana* VUILLEMIN
MÕJU TAIMEKAHJUSTAJATELE**

THE EFFECT OF AN ENTOMOPATHOGENIC FUNGUS
Beauveria bassiana VUILLEMIN ON PEST INSECTS

**Bakalaureusetöö
Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekava**

Juhendajad: Reet Karise, PhD, prof. Marika Mänd

TARTU 2018

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Annabel Ansi		Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine	
Pealkiri: Entomopatogeense seene <i>Beauveria bassiana</i> Vuillemin mõju taimekahjustajatele			
Lehekülgi:36	Jooniseid:3	Tabeleid:1	Lisasid:1
Osakond / Õppetool: Põllumajandus- ja Keskkonnainstituut, Taimetervise õppetool ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: 1. Bio- ja keskkonnateadused; 1.6 Põllumajandusteadus: CERCS ERIALA: B390 Juhendaja(d): Reet Karise, PhD, prof. Marika Mänd Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2018			
<p>Hiilamardikas on peamine kahjur rapsikultuurile. Vastsed kui ka valmikumardikad kahjustavad ristõielisi umbrohte ja kultuure. Kahjurite tõrje peamiseks meetodiks on keemiliste pestitsiidide kasutamine, mis on aga keskkonnale saatav ja ka inimeste tervisele ohtlik. Aina enam pööratakse tähelepanu integreeritud taimekaitse kasutamisele, millega on võimalik vältida putukate resistentsuse teket ja kahjulikku mõju loodusele ning inimestele. Antud uurimustöö eesmärgiks on selgitada välja <i>B. bassiana</i> preparaatide kasutamise võimalusi taimekahjurite osas ning BotaniGard 22WP mõju hiilamardikatele. Nii põldkatses kui ka laboratoorses vaadeldi töödeldud (doosi suurusega $4,4 \times 10^6$ eost/ml) ja töötlemata mardikate suremust.</p> <p>Laborkatse tulemus näitas küll soovitud suunas toimet, kuid statistiliselt olulist erinevust kontrollgrupiga ei saavutatud. Põllult korjatud mardikate puhul avaldus töödeldud lappidelt korjatud mardikatel oluliselt suurem suremus 4-6 päeval pärast töötlust, kuid tõrje efektiivsus jäi siiski madalaks. Kirjanduspõhine analüüs andis tulemuseks, et enamikke mardikalisi kahjureid on võimalik <i>B. bassiana</i> tüvidega tõrjuda. Käesoleva uurimuse põhjal võib järeldada, et preparaat võiks osutada tõhusaks ka hiilamardikate vastu, kuid vajab veel täiendavaid uuringuid, kuidas ja mis doosiga seda Eestis kasutada saaks.</p>			
Märksõnad: integreeritud taimekaitse, taimekahjur, entopatoogeensed seened, hiilamardikas			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Annabel Ansi		Specialty: Production and Marketing of Agricultural Products	
Title: The effect of an entomopathogenic fungus <i>Beauveria bassiana</i> Vuillemin on pest insects			
Pages: 36	Figures: 3	Tables: 1	Appendixes: 1
Department: Agriculture and Environmental Institute, Chair of Plant Health Field of research: B390 Supervisors: Reet Karise, PhD, prof. Marika Mänd Place and date: Tartu, 2018			
<p>Pollen beetle is the main pest of oilseed rape crops. Both larvae and adults are damaging cruciferous weeds and crops. The main method for pest control is the use of chemical pesticides, which, however, are environmentally harmful and dangerous also to human health. More and more attention is being paid to the use of integrated pest management technologies, which can prevent insect resistance and diminish harmful effects on nature and humans.</p> <p>The aim of this research is to find out the possibilities for using <i>B. bassiana</i> preparations against pest insects and the impact of BotaniGard 22WP on pollen beetles. A field trial treated with a dose of BotaniGard 22WP (4.4x10⁶ conidiums/ml) and a laboratory experiment were carried through to observe the mortality rate of beetles. The laboratory test did not reveal significant differences, however the preparation still seemed to have positive trend to kill the beetles. The test with beetles collected from treated or untreated plots from field revealed a significant increase in mortality of pollen beetles, however the efficiency stayed low. A literary analysis led to the conclusion that most beetles can be controlled by <i>B. bassiana</i> strains. The present study allows to conclude that the preparation BotaniGard 22WP could be effectively used against pollen beetles, however the exact methods and dosages need more research before applications.</p>			
Keywords: Integrated pest management, pollen beetle, plant pest, <i>Brassica napus</i>			

SISUKORD

Sissejuhatus	5
1. Kirjanduse ülevaade	7
1.1. Raps (<i>Brassica napus</i> L.).....	7
1.2. Hiilamardikas (<i>Meligethes spp.</i>)	8
1.3. Taimekaitse vajadus rapsil	9
1.4. Taimekaitsemeetodid	10
1.4.1. Traditsiooniline taimekaitse ja sellest tingitud probleemid	10
1.4.2. Integreeritud taimekaitse	11
1.4.3. Mikrobioloogilised preparaadid	11
1.5. Entopatogeensed seened	12
1.5.1. <i>Beauveria bassiana</i>	13
1.5.2. <i>B. bassiana</i> abil tõrjutavad kahjustajad	14
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	16
2.1. Aeg ja koht.....	16
2.2. Vaatlusaegne ilmastik	16
2.3. Hiilamardikate kogumine.....	17
2.4. Hiilamardikad laboris	17
2.5. Preparaat	17
2.6. Andmeanalüüs	18
3. Tulemused ja arutelu	19
3.1. Laboris mardikate suremuse jälgimine	19
3.2. Põllult kogutud mardikate suremuse jälgimine	20
3.3. Kahjurite tõrje erinevate <i>Beauveria bassiana</i> doosidega	22
4. Kokkuvõte	25
Kasutatud kirjandus	26
Summary.....	33
LISAD	35
Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks sning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.....	36

SISSEJUHATUS

Põllumajanduslikud kahjurid põhjustavad igal aastal märkimisväärsed majanduslikke kaotusi ja ohustavad ülemaailmset toiduga kindlustatust (Pimentele *et al.* 1981). Taimekahjurid on püsiv ja kulukas väljakutse põllumeestele (Funayama 2004). Kahjureid tõrjutakse üldiselt keemiliste pestitsiididega, kuid ülemäärane kasutus indutseerib putukate resistentsust. Keemiliste pestitsiidide kasutamine põhjustab keskkonna saastumist ning kõrvaltoimeid inimeste tervisele (Ffrench-Constant *et al.* 2004). Pestitsiidide liigne kasutamine vähendab põllukultuuride majanduslikku konkurentsivõimet, ohustab nii bioloogilist mitmekesisust kui ka naturaalseid aineid bioloogilises kontrollis.

Alternatiiviks keemilistele pestitsiididele on integreeritud taimekaitse. Protsess, mida kasutatakse ökonoomsel ja ökoloogilisel viisil kõigi kahjurite kontrollimise optimeerimiseks (Ehler 2006). Integreeritud taimekaitse ei ole mitte ainult tõhus kahjurite ja haiguste ohjamine, vaid vähendab ka tootmiskulusi põllumajandustootjale (Ahuja 2015). Integreeritud taimekaitse seob omavahel multidistsiplinaarsed meetoodikad põllumajanduse ökosüsteemide kasutamiseks, vähendades sünteetiliste preparaatide kasutamist, samaaegselt vähendades negatiivset mõju rahvatervisele ja keskkonnale (Smith 1976). Integreeritud taimekaitsesse on kaasatud bioloogilistel mõjuritel põhinevaid preparaate: entopatogeenseid mikroorganisme, baktereid ja seeni. Entopatogeensed kottseened on laialdaselt kasutuses üle maailma (de Faria ja Wraight 2007).

Üheks olulisemateks kultuurideks siinses regioonis on õlikultuuridena kasvatatavad ristõielised taimed, millede üheks olulisemateks kahjuriteks on hiilamardikad. Katses hiilamardika (*Meligethes ssp*) näitel on hiljutised arengud näidanud resistentsuse väljakujunemist püretroididega hiilamardikas (Hansen 2003), mis on muutnud tungivamaks vajaduse kontrolli strateegiate järele, mis vähendavad insektitsiidide kasutamist ja optimeerivad bioloogilist kontrolli (Williams 2004; Williams *et al.* 2005).

Üks paljulubavaid biokontrolli vahendeid patogeensete seente seas on *Beauveria bassiana* Vuillemin (Biswas *et al.* 2015). *B. bassiana* põhinevad mükoinsektitsiidid mõjutavad 700 putukatüüpi ning neid kasutatakse põllumajanduses, veterinaarias ja meditsiinis kahjurite

tõrjumiseks (Todorova *et al.* 2002; Askary ja Yarmand 2007; Mahmoud 2009; Elif *et al.* 2010).

Seevastu biopestitsiidide levik on endiselt piiratud. Võrreldes tavapäraste kemikaalidega, on biopestitsiidide abil kahjurite tõrjumine aeglasem, lisaks on nende püsivus keskkonnas lühem, ka muutuvate välitingimuste korral, mis võib vajada sagedasemat rakendamist (Chandler *et al.* 2011). Enamasti kasutatakse biopestitsiide kontrollitavates ja prognoositavates keskkonnatingimustes, näiteks kasvuhoonekultuuride tomati, kurgi ja paprika kasvatamisel (Chandler *et al.* 2011; Xu *et al.* 2011), kuid ka puuviljade ja köögiviljade kasvatamisel avamaastikus (Liu *et al.* 2013).

Euroopas ja Eestis on mikrobioloogilisi preparaate vähe, ning Eestis pole ühtki registreeritud *B. bassiana* preparaati (Põllumajandusamet 2018). Mõnedes Euroopa Liidu liikmesriikides on väikepakendites kasutusel *B. bassiana* sisaldusega preparaat BotaniGard 22WP, kuid see ei ole välja töötatud avamaal kasutamiseks. Nimetatud seen on putukate suhtes laia tõrjespektriga ning teda on mitmesuguste mardikaliste vastu kasutatud. Seetõttu uuriti käesoleva tööga, kas sellist kättesaadavat preparaati on võimalik naeri-hiilamardikate (*Meligethes aeneus* Fab.) vastu kasutada.

Antud uurimustöö hüpotees on: Entomopatogeenset seent *B. Bassiana* sisaldava preparaadi BotaniGard 22WP mõju taimekahjustajatele on piisav, et seda laialdaselt kasutusele võtta.

Hüpoteesist lähtuvalt püstitati järgmised uurimistöö eesmärgid:

1. Selgitada välja *B. bassiana* efektiivsus preparaatides erinevate putukkahjustajate vastu (kirjanduse põhjal)
2. Selgitada välja *B. bassiana* (preparaat BotaniGard 22WP) mõju määr rapsi hiilamardikale

Tänuavalduses tahan välja tuua sellised nimed nagu Reet Karise ja Marika Mänd, kes aitasid mind katsete läbiviimisel, andmenalüüside teostamisel ja töö kokku kirjutamisel, ühtlasi olid nad lõputöö juhendajad.

Tööd finantseeris: MEM EIP-AGRI keskkonnaklaster, projekt T170145PKTK, HTM IUT36-2

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Raps (*Brassica napus* L.)

Raps (*B. napus* L.) kuulub kapsasrohu (*Brassica* L.) perekonda. Rapsil on geneetiliselt palju ühist kaalikaga ning sageli nimetataksegi teda õlikaalikaks. *B. napus* on majanduslikult tähtis õlikultuur, mida peamiselt kasvatatakse, et seemnest ekstraheerida tervislikke ja söödavaid õlisi. Rapsi kasvatatakse veel taastuva lähteainena biodiisli jaoks. Tasakaalukas kultuur, mis kasvab peamiselt põhja- ja lõunapoolkeral tänu olemasolevale genotüübi variatsioonile õitsemise ajal ning reaktsioonile fotoperioodil. Usutakse, et *B. napus* tekkis väikesel hulgal hübriidiseerimisest diploidi eellaste *B. oleracea* L. (C genoom) ja *B. rapa* L. (A genoom) vahel (UN 1935), mis tõenäoliselt pärinevad lõunapoolkera Vahemeremaadest Aasia regioonidest 7000 – 10000 aastat tagasi (Chalhoub *et al.* 2014).

Leheroseti perioodil sarnaneb noor rapsitaim väliselt kaalikataimega, lehed on sinakasrohelistes ja siledad. Rapsil ümbritseb lehealus vart ainult poolest saadik. Avatud õied jäävad alati avanemata õiepungadest allapoole. Kõdrad paiknevad horisontaalselt ning seemned on mustad kuni tumepruunid. Raps on 2/3 isetolmleja. Ülejäänud osa vajab viljastumiseks teise õie tolmu (Kaarli 2004).

Suviraps (*B. napus* var. *oleifera* subvar. *annua*) sarnaneb biloogiliselt iseärasuselt suvirüpsiga, suvirapsi on aga kasvuaeg pikem, 90 kuni 130 päeva. Saagi potentsiaal on 2,5 kuni 3,5 t/ha ning valmides on seeme varisemisohtlik.

Õige väetamise korral võib õlisisaldus olla üle 40 %. Suvirapsil on 1000 tera mass üle 3,5 g. Vajab külviks väga hästi ettevalmistatud mulda. Kevadisele mullaharimisele on aluseks korralik sügiskünd. Seeme külvatakse kitsa 10-15 cm reavahega, 2-4 cm sügavusele. Seemned hakkavad idanema mullas +5C temperatuuri juures. Hoogsalt kulgeb idanemine +10, +15C juures (Kaarli 2004).

1.2. Hiilamardikas (*Meligethes spp.*)

Naeri-hiilamardikas (*Meligethes aeneus* Fab.) kuulub mardikaliste (Coleoptera) seltsi, hiilamardikaliste (Nitidulidae) sugukonda ning on enamlevinud kahjuriliik ristõielistel õlikultuuridel Euroopa põhjapoolsematel aladel (Metspalu *et al.* 2011). Valmikud on rohekad või sinakasmustad metalse läikega kuni 3 mm pikkused mardikad (Kaarli 2004).

Hiilamardikas on ühe põlvkonnaga mardikas. Täiskasvanud mardikad tõusevad esile talvitumispäigast kevadel, kui temperatuur on tõusnud 8-9 kraadini ning siirduvad rapsipõldudele kui temperatuur on jõudnud 10-15 kraadini. Täiskasvanud hiilamardikad määravad rapsipõllu asukoha kasutades nägemis- ja haistmismeele vihjeid, mis on tuule mõjul kanduvad. Tavapärastelt saabuval nad põllule, kui kultuur on BBCH 51 (tipulehede rosetis on eraldatavad õierao ja pungade alged) faasis (Lancashire *et al.* 1991). Kahjustus algab põllu äärtest ning laieneb kogu põllule (Kaarli 2004). Mardikad söövad õielehti ja augustavad kinniseid õiepungi, kahjustades tolmukaid, õiepõhja, sigimikku. Selliseid õied närbuvad ning kuivavad.

Munemisperioodil munevad emased augustatud suurematesse pungadesse, igasse punga 1 – 8 muna ja paigutavad need tolmukottide lähedale. Munadest arenevad tõugud, kes toituvad sigimikust ja õietolmust (Kaarli 2004). 3–4 nädala möödudes laskuvad nad mulda nukkuma, tavaliselt toimub see õitsemise lõpus (juuli II poolel). Uus generatsioon hiilamardikaid tõusevad rapsipõllul mõni nädal hiljem enne saagi koristust ja siirduvad talvitumispäika suve lõpus (Nilsson 1987; Alford *et al.* 2003). Täiskasvanud hiilamardikad talvituvad põllukultuuri jäätmete kihi all mullas, eriti puidust keskkonnas (Alford *et al.* 2003), kuigi talvitumiseks kasutatav elukeskkonna tüüp ning konkreetne seisund talvitumispäikadest jääb teadmata (Müller 1941; Fritzsche 1957; Pywell *et al.* 2005; Marczali ja Nadazy 2006). Kahjustatud õied kuivavad ja langevad maha. Hajusal esinemisel viitavad tühjad õievarreked hiilamardika kahjustusele, kui aga esinevad pikemas reas siis on tegemist põuakahjustusega (Kaarli 2000).

Ohtlikum periood on õiepungade moodustumise algfaas. Siis võib hävineda ka peavõrse saak, see moodustab üle poole võimalikust kogusaagist. Hiilamardikad söövad avanenud õitega taimedel peamiselt õietolmu ja tolmukaid, mis ei tekita nii suurt kahju kui pungade faasis. Seemnesaagist võib aga hävida 70 – 80%, olenevalt, millises faasis on taim kahjurirohke kahjustuse korral (Tammaru 1995).

1.3. Taimekaitse vajadus rapsil

Ohtlikuimadeks kahjuriteks rapsipõllul on peamiselt maakirp (*Phyllotreta spp*), kõdrapeitkärsakas (*Ceuthorrhynchus assimilis* Paykull), hiilamardikas (*M. aeneus*), kapsakoi (*Plutella xylostella* L.), peedi-kiduuss (*Heterodera schachtii* Schmidt). Kaarli (2003) on välja toonud eelpool mainitud kahjurite kahjustuse ning tõrje võimalused, mis on esitatud järgnevates lõikudes.

Maakirpude valmikud on kõige ohtlikumad tärkamisperioodi idulehtede faasis, nad närivad idulehtedesse mulke ja lohukesi, mille tagajärjel kogu taim hävib. Tõugud kahjustavad taime juunis, kui nad on munast koorunud. Määrundvalged tõugud ajavad käike nii lehtedesse, vartesse kui ka juurtesse, mille tagajärjel võivad vigastatud kohtades tekkida haigutekitajate kahjustused. Ennetavaks tõrjeks on seemnete puhtimine ning sügiskünd, et hävitada noormardikaid talvitumas. Ristõielised umbrohud, mis on talvitunud mardikate toiduks, tuleks põllult ja selle ümbruselt hävitada. Kuna maakirbud talvituvad suuremalt osalt samas põllul, ei tohiks rapsi külvata eelneval aastal maakirbu poolt kahjustatud põllule ega selle lähedusse. Juhul kui 5-10% taimedest esineb mardikaid, tuleks pritsida insektitsiidiga, näiteks preparaadiga Actellic 50 EC 0,5 l/ha.

Kõdra-peitkärsakad tulevad talvitumast, kui 10 cm kihis on 10C ning otsivad ristõielisi taimi, millel toituda. Vastsed kahjustavad kõdraalgmeid, millesse teevad augud ning munevad sinna 1-2 muna. Peale munemist 7–10 päeva, kooruvad vageltõugud, kes kahjustavad seemneid. Nende kahjustusperiood on 25 kuni 30 päeva, seni kuni kestab vastseperiood. Tõrje: hävitada ristõielised umbrohud, peitkärsakad toituvad nendest, kui nad on väljunud augusti algul nukkudest. Sügiskünniga likvideerida koristusjäänused ning õitsemiseelsel ajal pritsida preparaadiga Fastac või Mavrik.

Suurimad kahjustajad on hiilamardikad. Pluss 10 kraadi juures, asuvad mardikad toidu otsingule ning liiguvad ristõielistelt umbrohtudelt ristõielistele kultuuridele. Kahjustades õielehti, sigimikke, õiepõhja, tolmuksid ja õiepungi. Valmikud munevad pungadesse, kus arenenud tõugud toituvad õietolmust ning sigimikust. Augusti teisel poolel naasevad noormardikad põllule ristõielistest kultuuridest toituma ning asuvad talvituma. Ohtlikuim periood on sel ajal, kui toimub õiepungade moodustumine, siis võib hävida peavõrse saak (Tammaru 1995). Ennetavaks tõrjeks on koristusjäänuste hävitamine, ristõieliste umbrohtude tõrjumine, suvi- ja talirapsi lähipiirkonnas kasvatamise vältimine. Enne õitsemist on lubatud pritsida näiteks Bulldock 025 EC 0,3 l/ha; Fastac 0,1-0,15 l/ha.

Õiepungade algfaasis peaks tõrjega alustama sellisel juhul, kui ühe taime kohta on 1 mardikas.

Kapsakoi vastsed kahjustavad rapsitaime lehti, tekitades lehtedele akensööma. Röövikud aga kahjustavad kasvukuhikut. Kuna kapsakoi annab mitu põlvkonda, siis on kahjustus suurem teise ja kolmanda põlvkonna vastsetel. Nematod vigastavad kõdra algmeid, mille tagajärjel seemnete saak väheneb. Tõrjet teostada sarnaselt hiilamardikatele, hävitada ristõielised umbrohud, teha sügiskünd ning vältida suvi- ja talirapsi kasvatamist lähipiirkonnas. Keemilist tõrjet soovitatakse alustada juhul kui taime kohta on 5-10 röövikut. Pritsimiseks võib kasutada näiteks Actellic 50 EC 0,5 l/ha.

Peedi-kiduuss kahjustab ristõielisi ja maltsalisi. Ta on nematood, kes moodustab külgsuurtele tsüste. Need koosnevad vastsete või munadega täidetud emastest. Vastsed kahjustavad tungides taime külgsuurtesse ning takistavad vee liikumist taimesse, toitudes taimemahlast. Tõrjemeetmeteks on ristõieliste ning maltsaliste kultuuride hävitamine, kuna vastsed ja tsüstid on eluvõimelised mullas 9 aastat. Vähendamaks kiduussi esinemist, tuleks järgida selliseid agrotehnilisi võtteid: varane külv, intensiivne mullaharimine, eelvilju, mis on kahjuritundlikud tuleks vältida ning vahekultuuridena kasvatada maisi, nisu, otra jt.

1.4. Taimekaitsemeetodid

Kahjuritõrje lähenemisviisid, meetodid ja distsipliin on aja jooksul arenenud ja saavutanud edusamme keskkonnamõju minimeerimiseks (Oerke ja Dehene 2004).

1.4.1. Traditsiooniline taimekaitse ja sellest tingitud probleemid

Ülemaailmne pestitsiiditurg on protsentuaalselt kasvav kiirusega 3,6 % aastas (BCC Research 2010). Sünteetiliste preparaatide kasutamisega kaasnevad aga järjest süvenevad probleemid: kahjurite resistentsuse kiire teke, liigne mõju kasulikele organismidele ning toidu sisse jõudvad pestitsiidijäägid, mis mõjutavad ka inimeste tervist. See suundumus viib vajaduseni kaitsta keskkonda, põllumajandusmaad ja põllumajanduskultuure (Oerke ja Dehene 2004) elanikkonna toitmiseks, mis laieneb kiirusega 1,15 % aastas (United Nations 2011).

Keskkonna mured ja inimeste tervis on ergutanud pidevalt uurima ja arendama keskkonnasõbralikumaid alternatiive, mis vähendavad riske kemikaalidega. Nende seas on veel ka putukate resistentsuse areng, sihtrühma mittekuuluva entomofauna (sealhulgas looduslikud röövlomad, parasitoidid ja tolmeldajad) hävitamine, samuti vee ja toidu saastumine.

1.4.2. Integreeritud taimekaitse

Alates 1960. aastast on integreeritud kahjuritõrje domineeriv põllukultuuride kaitse paradigma mida toetavad teadlased, poliitikakujundajad ja rahvusvahelised arenguagentuurid kogu maailmas (Thomas 1999). Integreeritud taimekaitse olemust saab kokku võtta otsustusprotsessina, mis hõlmab mitmete taktikate koordineeritud kasutamist, et optimeerida kõigi kahjurite klasside (putukad, patogeendid, umbrohud, selgroogsed) ohjamist ökoloogiliselt ja majanduslikult põhjendatud viisil (Kogan 1998).

Integreeritud taimekaitse üks eesmärgi on vähendada haavatavuse riski majandusliku tasuvuse säilimisel (Hutchison *et al.* 2006). Samas ei keela integreeritud taimekaitse sünteetiliste vahendite kasutamist, vaid püüab vähendada vajadust nende järele. Selle eesmärgi tõttu on olnud keskkonnasõbralikumate meetodite ja integreeritud taimekaitse strateegiate vastu kasvav huvi, pöörates erilist tähelepanu konkreetsete insektitsiidide kujundamisele. Selline lähenemisviis tõi kaasa järk-järgulise avastamise ja kasutamise mitmesuguste entomopatogeensete mikroobide liikide osas, kaasa arvatud bakterite, viiruste, algloomade, seente, nematoodide ja mikroeooselistega (Vega ja Kaya 2012).

1.4.3. Mikrobioloogilised preparaadid

Bakterid, seened ja viirused on mikroorganismidest kahjurite arvukuse reguleerijateks, põhjustades putukate haigestumist, mille tagajärjel nende areng, kasv ning paljunemispotentsiaal saab häiritud või nad hukuvad. Mikrobioloogiliseks tõrjeks on välja töötatud seen-, baker- ja viiruspreparaadid. Luik *et al.* (2008) on preparaate jaotuse esitanud järgnevalt:

- Bakterpreparaadid

95% bakterpreparaatidest põhineb bakteril *Bacillus thuringiensis*. Bakteri spoore ehk paljunemisosakesi ja bakteri poolt toodetavaid mürke ehk toksiine sisaldavad bakterpreparaadid, mis sattudes putuka kesksoolde, lahustuvad seal ning paralüseerivad soolestiku. Edukalt on tõrjutud bakterpreparaatidega liblikalisi ning Kesk-Euroopa maades ka kartulimardikat, kes on aga resistentseks muutunud pideva tõrje tagajärjel.

- Viiruspreparaadid

Viiruspreparaadid, mis on inimestele kahjutud, kuid putukail kutsuvad esile viirushaigusi, on välja töötatud tuuma polüedroosi ja granuloosi viiruste alusel. Granuloosi viiruse preparaadid on nii Euroopas kui ka Ameerika Ühendriikides edukalt tõrjunud viljapuude ja köögiviljade kahjureid, kuid kuna tootmine on kallis, pole kahjuritõrjes nad eriti levinud.

- Seenpreparaadid

Putukaid nakatamas on leitud enam kui 750 seeneliiki. Seened on levinud umbrohtude, kahjurite kui ka haigustekitajate tõrjes. Läbi kehakatete tungivad seened putukatesse ning jõudes kehaõõnde hõivavad kõik siseorganid ning toodavad organismile ohtlikke mürke, mis tapavad putuka. Biotõrjevahend, mis põhineb seenel *B. bassiana*, on aidanud tõhusalt kartulimardika vastu.

1.5. Entopatogeensed seened

Entopatogeensed seened põhjustavad paljusid putukate haigusi ja mängivad olulist rolli putukate populatsiooni reguleerimisel looduses (Hajek 1997; Wang *et al.* 2011). Neil on keskkonnasõbralik alternatiiv keemiliste insektiidide ees (Chen *et al.* 2017; Hajek 1997). Ent entopatogeensete seente toime on aeglane ning enamus seeni vajab sobivaid niiskuse ja temperatuuri tingimusi, et säilitada elujõulisus ja patogeensus (Alves *et al.* 2005).

Esimeste märkimisväärsede kogemustega mikroobsete kontrollmeetoditega on uuringud enomopatogeense seene *B. bassiana* Vuilleminiga 19. sajandi lõpus, kelle bioindeksitsiidne toime on seotud koniidide idanemise ja sissetungimisega putuka kehasse (Pekrul ja Grula 1979).

1.5.1. *Beauveria bassiana*

B. bassiana on üks lubavamaid bioloogilisi tõrjevahendeid. See areneb peremehe organismis ning enamasti põhjustab nii täiskasvanud putukate, kui nende vastsete suurt suremust (Alves *et al.* 2005). *B. bassiana* võib mõjutada mitmesuguseid lülijalgseid. Kuid keskkonnatingimused, eriti temperatuur ja niiskus on olulised tegurid, mis mõjutavad seente töötlemise edukust, eriti kui kasutada seente eostega preparaate. Patogeeni kasutamine võib kaasa tuua tulemusi putukate surma puhul, mis küündivad kaugemale kui keemiliselt tõrjudes. Samal ajal aga on resistentsuse riskid väiksemad ning mõju mitte sihtorganismidele on tohutult vähenenud (Sarwar 2015).

Entopatogeensed seened nakatavad peremeesputukaid otsese läbitungimisega välimisest kutiikulist (Vega *et al.* 2012). Esimene samm on seente eoskandjate haardumine peremeesputukaga (Wang ja St Leger 2007). Sobivatel tingimustel ja piisava toitainete kättesaadavuse korral, saavad seenesporid idaneda putukate kutiikulil ja moodustada spetsiaalse struktuuri (Wang ja Wang 2017). Seen läbib putuka kutiikuli ensüümide abil, siseneb putuka hemolümfis, kus seenerakud absorbeerivad toitaineid, toodavad toksine, hävitavad peremeesrakke ja lõpuks tapavad putuka. Seejärel kasvavad uued eoskandjad surnud putukast välja ning uued eosed vabanevad keskkonda (Anderson *et al.* 2011; Mishra *et al.* 2015).

Seentel põhinevate biotõrjevahendi kasutamine on kiiresti arenev valdkond, mis on ülemaailmselt heaks kiidetud ning üha enam vastu võetud põllumajanduse kahjurite ohjeldamisel (Butt *et al.* 2001; Shah ja Pell 2003; Lacey ja Kaya 2007; Hajek ja Delalibera 2010; Jaronski 2010). Seente fülogeneetilist klassifikatsiooni, sealhulgas *B. bassiana*, modifitseeritakse, kasutades molekulaarseid abivahendeid, et paremini mõista seente rolli keskkonnas ning nende mõju peremehele (Rehner ja Buckley 2005; Vega *et al.* 2009).

1.5.2. *B. bassiana* abil tõrjutavad kahjustajad

Publitseeritud materjalide hulgas leiab palju materjali *B. bassiana* abil tõrjutavate kahjustajate kohta. Edukalt või ka vähem edukalt on seda rakendatud nii katmikikalal elavate kahjustajate (nt. ripslased, karilased) kui ka avamaastikus olevate suuremate (nt. mardikalised) ja väiksemate (nt. lehetäid) kahjustajate vastu.

Lepapoi (*Agelastica alni* L.) on laialt levinud Siberis, Kaukaasias, USA-s, Euroopas ja Kagu-Kasahstanis (Belles *et al.* 1984, Kolk ja Starzyk 1996). Toitub kevadel ja suvel mitmesugustest lehtpuudes nagu lepp (*Alnus* spp.) ja sarapuupähkel (*Corylus* spp.). Lisaks kahjustab mardikas veel ka selliseid perekondi ja liike nagu arukask (*Betula pendula*), raagremmelgas (*Salix caprea*), paplid (*Populus* spp.) ja pärn (*Tilia* spp.) (Medvedev 1983, Kolk ja Starzyk 1996). Kahjur omab kõrget paljunemisomadust ning põhjustab taimelehtede enneaegset varisemist (Evans ja Oszako 2007).

Koloraado kartulimardikas (*Leptinotarsa decemlineata*) on põhjapoolkeral peamine kartulite kahjustaja. Mardika leviku raadius ulatub Põhja-Ameerikas, Aasias ja Euroopas ligikaudu 16 x 106 km². Kahjuri esmane ohjamine hõlmab keemiliste insektitsiidide kasutamist, kuid kahjur muutub aina enam resistentseks (Alyokhin *et al.* 2009, Scott *et al.* 2015). Insektitsiidide resistentsuse tasemed erinevad populatsioonide ja mardikaliste elupaikade vahel, mis mõnel juhul võivad olla 1000-kordsed (Alyokhin 2008).

Rohkem kui miljon taimtoidulisi putukate liike toituvad taimede erinevatest osadest, vastavalt imedest taimemahla või närvides õhulõhesi või maa all olevaid taimeosi (Mithöfer ja Boland 2008). Lehetäide hulka kuuluv roheline virsiku lehetäi (*Myzus persicae* Sulzer) ja lutikaline (*Stephanitis nashi*) on tõsised põllukultuuride ja aiataimede kahjurid. Nii valmikud kui ka vastsed imevad taimemahla vegetatiivse kasvu ajal (Balakrishnan *et al.* 2007; Alves *et al.* 2008; Fu *et al.* 2014; Cao *et al.* 2015; Hou *et al.* 2015). Insektitsiidide ülekasutamise tõttu on enamik tõsisemaid köögivilja- ja põllukultuuride kahjureid omandanud resistentsuse paljudele keemilistele tõrjevahenditele (El ja Devine 2003; Ma *et al.* 2007).

Väike tervilja ürasek (*Rhyzopertha dominica*) on ülemaailmselt ladustatud tervilja kõige hävitavam kahjur (Aitken 1975). Ta on klassifitseeritud primaarse kahjurina, mis tähendab, et ta suudab kahjustada tervilja tuumasid. Sellel kahjustajaliigil on välja kujunenud traditsiooniliste terviljade kaitsevahendite ja fumigantide vastu resistentsus (Champ ja Dyte 1976; Arthur 1996). Suur teravilja ürasek (*Prostephanus truncatus*) on aga muutunud

Aafrika üheks kõige tõsisemaks põllumajandusettevõttes ladustatud maisi kahjuriks (e.g. Borgemeister *et al.* 1994, 1998a; Hodges *et al.* 1983).

Pekaani kärsaklane (*Curculio caryae*) on pekani-hikkoripuu (*Carya illinoensis* Wangenh.) oluline kahjustaja, mida on kaua tõrjutud vaid laia toimespektriga sünteetiliste insektitsiididega (Shapiro-Ilan *et al.* 2017). Tõrjuma hakatakse teda juba esimeste mardikate ilmumisel ning töötusi tehakse korduvalt iga 7 – 10 päeva tagant. Selliselt ei ole võimalik seda taime kasvatada mahedalt ning seetõttu otsitakse alternatiivseid võimalusi. Shapiro-Ilan'i ja kaasautorite (2017) sõnul õnnestus neil seda kahjustajat edukalt tõrjuda nii ainult *B. Bassiana* preparaadiga kui ka kombineeritult sünteetilise vahendiga.

Süsiklane (*Alphitobius diaperinus*) kujutab endast kõige olulisemalt kodulindude tööstuses leitud kahjurit. See putukas toimib mehaanilise peremehena lindude patogeensetele mikroorganismidele ja põhjustab seedetrakti vigastusi, mis omakorda mõjutab söötade ümberarvestusi (Da Silva *et al.* 2006; Despins *et al.* 1995; McAllister *et al.* 1995). Vastsed kui ka valmikud kasvavad lindude pesades ja nende kuuride mullas, eriti etteandurite ligidal, kus on suurem kättesaadavus veele ja toidule (Safrit *et al.* 1984).

Tubaka-toonesep (Lasioderma serricornis) on vägagi levinud ja hävitav kahjur. Ta toitub mitmesugustest toodetest, nagu tubakas, terad ja vürtsid (Ashworth 1993; Mahroof ja Phillips 2008). Suurimaid kahjustusi põhjustavad vastsed. Täiskasvanud mardikad eluperioodil, kus nad paarituvad ja munevad, ei söö ega kahjusta üldse (Minor 1979). Antud kahjuri käitlemiseks on kasutatud erinevaid meetodeid, näiteks madalate (Imai ja Harada, 2006) või kõrgete temperatuuride kasutamine (Yu *et al.* 2011). Tänapäeval on selle kahjuri kontroll suurel määral sõltuv fosfiini kasutamisest (Allahvaysi2013). Kuid *L. Serricornis* on fosfiini suhtes välja arendanud märkimisväärse resistentsuse (Sağlam ja Phillips 2015).

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1. Aeg ja koht

Katsematerjal koguti Eesti Maaülikooli Rõhu Katsejaama suvirapsi põllult suvel 2017. Põllul oli 26.05.2017 külvatud rapsi sort Stella. Külvamisega koos lisati väetis NPK 21-6-11+4S normiga 250 kg/ha. Esimene töötlus biopreparaadi BotaniGard 22WP-ga teostati 14.07.2017, ning teine töötlus leidis aset 19.07.2017. Taimed olid kasvufaasis 57-61 kui pritsimised teostati. Lapid jagunesid töödeldud ja töötlemata, iga lapi suurus 2 x 10 meetrit, kokku 6 lappi kahes korduses. Raps koristati kahekümne üheksandal septembril 2017.

2.2. Vaatlusaegne ilmastik

Katse esmasel läbiviimisel, mis leidis aset 17.07.2017, oli ilm mardikate korjamisel kuiv ning päikseline. Teisel katsel (26.07.2017) teostati sama tegevus, kuid ilmastik oli niiskem ning poole katse ajal hakkas vihma tibutama.

2017. aasta mais, kui raps sai külvatud, oli Eesti keskmine temperatuur 9,3 C ning see on 1,1 C normist madalam. Keskmine sajuhulk oli 14 mm ehk 35% normist ja päikesepaistet keskmiselt 323 tundi, 117% normist. Juunis keskmine õhutemperatuur oli 13,4 C, mis on 1,0 C normist madalam. Sajuhulk oli 70 mm keskmiselt, 102% normist. Päikesepaistet Eestis keskmiselt sel kuul oli 283 tundi, mis on 105%.

Juulis alustati mardikate korjamisega ning sel kuul oli Eesti keskmine õhutemperatuur 15,7 C, mis on 1,7 C normist madalam. Keskmine sajuhulk oli 48 mm, mis on 67% normist. Päikesepaiste keskmiselt oli 272 tundi, mis on 94% normist (Ilmateenistus 2017).

2.3. Hiilamardikate kogumine

Hiilamardikate valmiku koguti kokku kaks korda, 17.07.2017 ning 26.07.2017, kasutades raputusmeetodit (Williams *et al.* 2003). Katselappe oli kokku 6 kahes korduses ning igalt katselapilt valiti 5 juhuslikku taime, mille peavart löödi kolm korda vastu valge plastiknõu põhja. Igalt peavarrelt saadi mingi kogus mardikaid, mis jaotati topsitesse ning markeeriti kuupäeva, katselapi numbri ja töötlusega.

2.4. Hiilamardikad laboris

Topsidesse jaotatud mardikad loendati laboris üle ning jaotati petritassidele (enamasti viie kaupa), kuhu oli lisatud märg filterpaber Ø 90 mm. Mardikatele söögiks pandi petritassidesse kolm rapsiõit, mis olid vastavalt laboris biopestitsiidiga töödeldud või kontroll variant töötlemata taimmaterjaliga. Petritassid suleti parafiinilindiga ning hiilamardikaid jälgiti ülepäeviti. Loendati, märgiti üles surnud isendid ning lisati töötlemata või töödeldud rapsiõisi. Katse kestis seitse päeva. Samamoodi nägi välja teine katse, kuid mardikad olid biopestitsiidiga juba põllul töödeldud ning koguti ja viidi laborisse.

2.5. Preparaat

Suvirapsi pritsimiseks mardikate mõjule kasutati preparaati BotaniGard 22WP. BotaniGard 22WP sisaldab $4,4 \times 10^{10}$ idanemisvõimelist seeneeost grammi kohta. Tõrjega tuleks alustada, kui on esimesed märgid kahjuritest. Tavaliselt 7-10 päeva möödudes peale pritsimist on näha tulemust. BotaniGard 22WP on efektiivseim varakult kasutades, enne kui putukate populatsioon on kõrge. Putukad, kelle tõrjeks võib BotaniGard 22WP-d kasutada on järgnevad: lehetäilised, karilased, ripstiivalised, kilptäilased, tirdid, põrniklased, lutikalised, kärsaklased (BotaniGard 22WP infoleht). Preparaadiga pritsimine toimus 14.07.2017 doosiga $4,4 \times 10^6$ eospead/ml ehk kulunormiga 5 g 10 l/ha vee kohta.

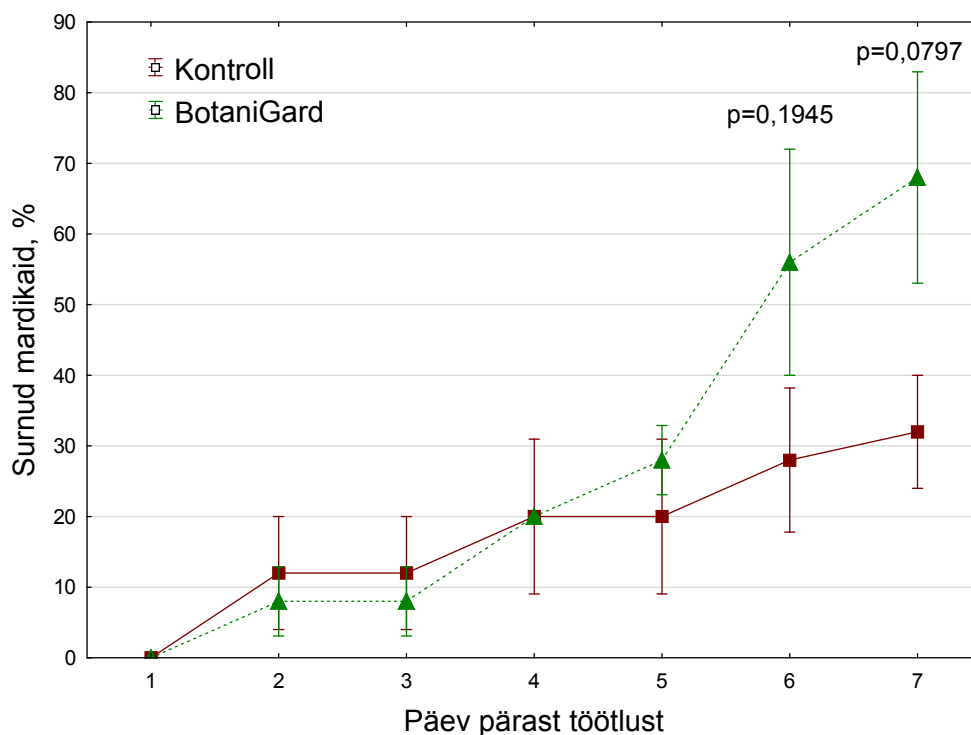
2.6. Andmeanalüüs

Moodustamaks andmebaase, kasutati programmi Microsoft Excel. Andmestik ei vasta normaaljaotusele, seetõttu kontrolliti töötlusgruppide vahelist erinevust Kruskal-Wallis'e dispersioonanalüüsiga (Statistica 13). Pearsoni korrelatsioonanalüüsi kasutati leidmaks seost kasutatud *B. bassiana* doosi ning tõrje efektiivsuse vahel. Kõik statistiliselt testid loeti oluliselt erinevaks, kui $p < 0,05$. Joonistel ja tekstis on keskmised esitatud koos standardveaga.

3. TULEMUSED JA ARUTELU

3.1. Laboris mardikate suremuse jälgimine

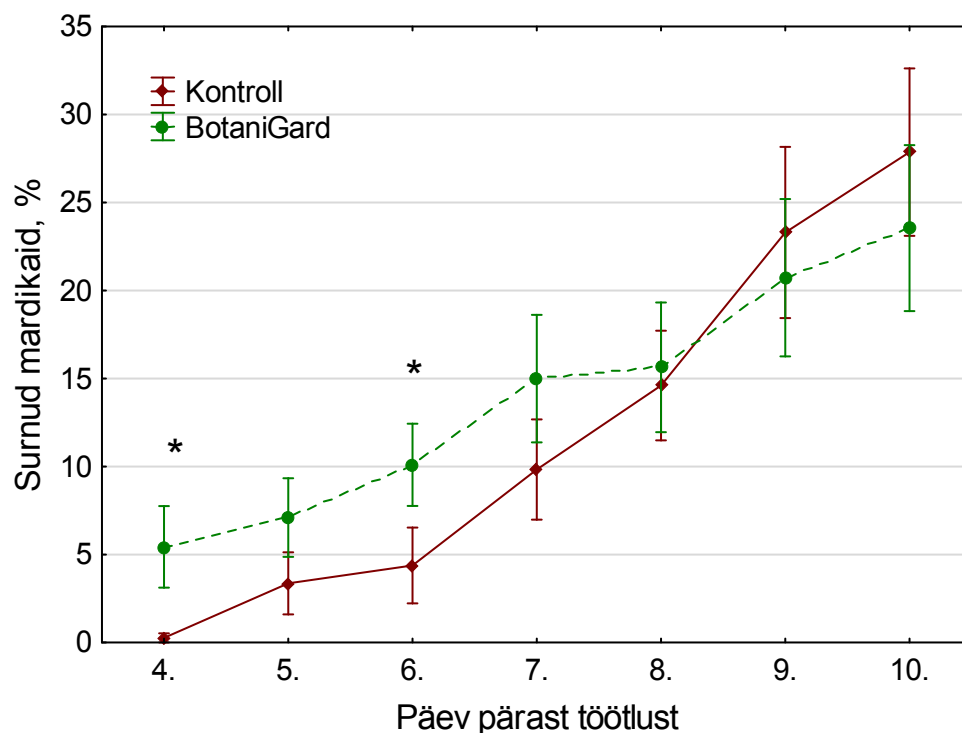
Laborikatses (Joonis 1.) esines märgatav töötamise mõju, kuid statistiliselt olulised erinevused puuduvad Teisest päevast alates ilmusid esimesed surnud mardikad nii kontrolli kui ka BotaniGardi puhul. Teisel ($KW-H(1,10) = 0.06$, $p = 0.81$) ja kolmandal ($KW-H(1,10) = 0.06$, $p = 0.81$) päeval on suremuse protsent mõlema variandi puhul sama. Neljandal ($KW-H(1,10) = 0.42$, $p = 0.52$) päeval kontrolli suremus tõuseb 9%, kuid töötamine jääb kuni viiendani samaks. Viieandast ($KW-H(1,10) = 1.02$, $p = 0.31$) päevast kuni kuuenda päevani kontrollvariandi suremus tõuseb 27% samal ajal on aga töötamise protsendi määr tõusnud umbes 9%. Preparaadiga BotaniGard 22WP töödeldud hiilamardikate suremus esimesest päevast seitsmenda päevani on tõusnud 36% rohkem kui kontrollvariandi mardikate suremus. Käesolevas laborikatses pritsiti preparaadiga kolme õit, mis asetati naerihilamardikatele toiduks. Kardetavasti jäi see doos efektiivsuse avaldumiseks liialt madalaks. Kuske *et al.* (2011) katses kasteti mardikad 30 sekundiks preparaadi lahusesse. Selline töötamisviis viib mardikad kindlasti suuremasse kontakti, kui töödeldud õite pakkumine toiduks.



Joonis 1. Laboris mardikate suremuse jälgimine seitsme päeva jooksul. Märkatavatele erinevustele on peale märgitud p ($p < 0,05$) väärtus

3.2. Põllult kogutud mardikate suremuse jälgimine

Neljandast kuuenda päevani ilmnes töötluste mõju (Joonis 2). nii katselappidelt korjatud kui ka pritsimata lappidelt (neljas: $KW-H(1,24) = 1.06$, $p = 0.37$; kuues: $KW-H(1,24) = 0.12$, $p = 0.73$). Ülejäänud päevadel olulisi erinevusi ei ilmnenud (esimene: $KW-H(1,24) = 4.04$, $p = 0.04$; teine: $KW-H(1,24) = 2.28$, $p = 0.13$; kolmas: $KW-H(1,24) = 3.78$, $p = 0.05$; viies: $KW-H(1,24) = 0.19$, $p = 0.66$; seitsmes: $KW-H(1,24) = 0.04$, $p = 0.83$). Võib arvata, et vaatluste ja korduste väike arv põhjustas selle, et preparaadi mõju ei osutunud oluliseks viiendal päeval. Ka teised autorid on leidnud, et kahjustajate suremuse saavutamine võib võtta 4-8 päeva aega (Karise *et al.* 2016). Samas Kuske *et al.* (2011) leidsid, et laboris oli hiilamardikate suremus juba 48 tundi peale töötlust üle 60%, neil oli aga kasutusel kõrgem doos – $2,3 \times 10^7$. Võrreldes käesoleva töö laborikatse ja põllult toodud mardikate suremust, võib oletada, et põllul on mardikad tihedamas kontaktis preparaadiga. Veedavad nad ju kogu oma aja õitel. Laborikatse käigus olid mardikad enamasti filterpaberil ning käisid õitel vaid toitumas.



Joonis 2. Põllult kogutud mardikate suremuse jälgimine 7 päeva jooksul. Joonisel on esitatud keskmised koos standardhälbega. Tärnid tähistavad statistiliselt olulist erinevust ($p < 0,05$)

Hokkanen (1993) näitas, et kuigi *B. bassiana*-ga mulla töötlemine ei vähendanud sügisel F1 põlvkonna arvukust, vähenes hiilamardikatel talvitumisel ellujäämine poole võrra võrreldes töötlemata kontrolliga (alates 14% kuni 7%). Seenega töötlemine mõjutas oluliselt putukate kaalu: isegi optimaalsetel toiduvarudel olid töödeldud pinnasest tulnud mardikad 16% kergemad kui mardikad, kes tulid kontrollmullast.

Carreck (2007) näitas, et naeri-hiilamardikate nii vastsetel kui valmikutel esines oluliselt suurem suremus, kui mesilased olid *B. bassiana* pulber-preparaati rapsitaimede õitele kandnud. Samas ei analüüsitud selles töös õitele kantud eoste hulka.

3.3. Kahjurite tõrje erinevate *Beauveria bassiana* doosidega

Erinevate kahjustajate vastu kasutatud *B. bassiana* doosid on olnud väga erinevad (tabel 1, joonis 3). Samuti on olnud varieeruvad tõrje efektiivsused, kusjuures korrelatsioon kasutatud eoste hulga ja tõrje efektiivsuse vahel puudub ($p = 0,66$; $r^2 = 0,04$).

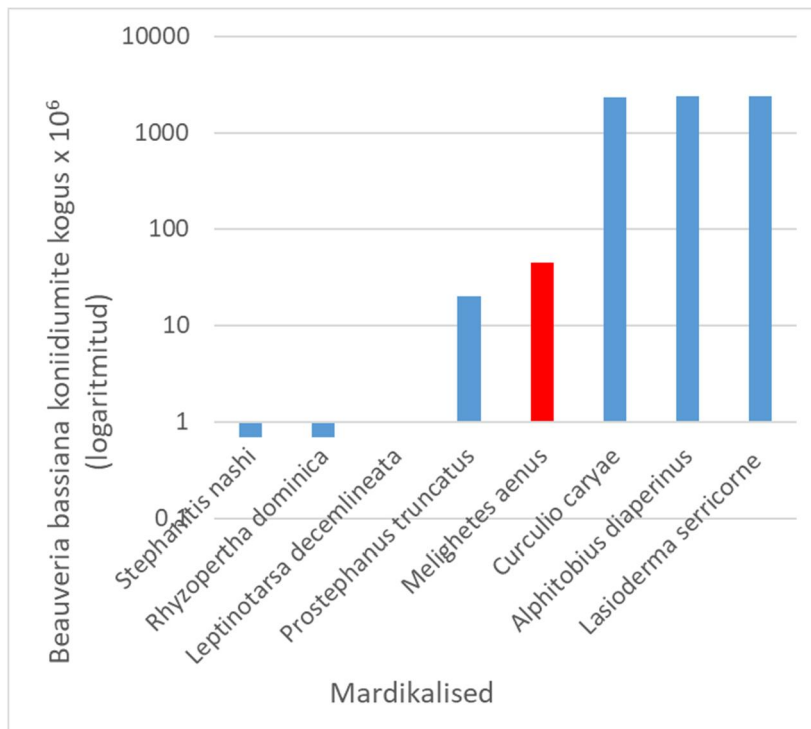
Kartulimardikal (*L. decemlineata*) kasutati doosi 1×10^6 ning tõrje efektiivsus oli 75%, mis on antud kahjurite puhul suur suremuse protsent. Madalaima efektiivsusega oli tubakatoonesepa puhul (*L. serricorne*), 35%, doosi juures 2000×10^6 . Ning 90 – 100% tõrje efektiivsuse saavutati leppapoi (*A. alni*) 10×10^6 doosi juures ning süsiklase puhul üle 90% (*A. diaperinus*) 23700×10^6 doosiga.

Meie katses kasutati doosi $4,4 \times 10^6$ ning hiilamardikate suremuse protsent oli 10%. Etiketil märgitud doos kahjuks hiilamardikatele piisavalt tõrjuvat efektiivsust ei avaldanud.

Tabel 1. Kirjanduse põhjal erinevad taimekahjurid, katsetes kasutatud doos ning tõrje efektiivsus. Tumedas kirjas on toodud andmed käesolevast uurimustööst

Liik	<i>Beauveria bassiana</i> kogus $\times 10^6$	Tõrjeefektiivsus
<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	1	75%
<i>Agelastica alni</i>	10	100%
<i>Meligethes aeneus</i>	4,4	10%
<i>Stephanitis nashi</i>	67,5	64%
<i>Lasioderma serricorne</i>	2000	35%
<i>Curculio caryae</i>	23000	52%
<i>Alphitobius diaperinus</i>	23700	>90%

Tabelis on kartulimardikat töödeldud *B. bassiana* ja usnhappega koostöös. Mitu autorit on leidnud, et looduslikul usnhappel on insektitsiidseid omadused paljude lülialgsete, sääskede ja mardikate vastu (Emsen *et al.* 2012; Cetin *et al.* 2008). Varasemalt on kindlaks tehtud, et kartulimardika (*L. decemlineata*) vastsete tundlikkust *B. bassiana* suhtes võivad suurendada usnhappe ühendite subletaalsed annused (Kryukov *et al.* 2008). On teada, et halogeeni aatomite sidumine orgaaniliste insektitsiididega suurendab sihtmärkputukate tõrjeefektiivsust (Xinzhao ja JingMei 2003).



Joonis 3. *Beauveria bassiana* Vuillemin koniidiumite hulk, mida on kasutatud mitmesuguste mardikaliikide tõrjel. Punasega on märgitud käesolevas uurimustöös kasutatud doos.

Teadlased on leidnud, et *B. Bassiana* võib nakatada paljusid puukoort kahjustavaid mardikaid ja avaldada märkimisväärset potentsiaali metsakahjurite tõrjeks (Kreutz *et al.* 2004, Draganova *et al.* 2007, Kocacevik *et al.* 2015). Cossentine *et al.* (2010) on näidanud, et *B. bassiana* avaldab märkimisväärse mõju täiskasvanute ja vastsete suremusele kahetiivalise (*Rhagoletis indifferens*) suhtes. Riosvelasco *et al.* (2009) teatasid, et *B. Bassiana* ja *M. Anisopliae* tüved on ripstiivaliste ja lehetäiliste suhtes kõrge patogeensusega ning lisaks on nende tüvede patogeensuse tase 80-100%. Samuti Sevim *et al.* (2013) uurisid kolmeteistkümnest seenhaigusest entomopatogeensust, nad leidsid, et *B. bassiana* on surmavam lutikate vastsetele 83% ja täiskasvanutele 80%, võrreldes kõigi teiste seenhaiguste isolaatidega.

Põhjendatud võib olla ka põllumeeste kartus, et bioloogiliste preparaate aeglasem toime saavutamine võib lasta tekkida võimalusel, et naeri-hilamardikad jõuavad muneda rapsi pungadesse enne preparaadi mõjumist, ning seeläbi võib saak siiski kannatada. Näiteks tubaka-toonesep (L. serricorne) (Saeed *et al.* 2017) jõudis enne *B. bassiana* nakatumist muneda, ning see tulemus sarnaneb Samodra ja Ibrahim (2006a) katsega, kus nad vaatlesid,

et riisikärsaklane (*Sitophilus oryzae* L.) munes munad samuti nisuteradesse enne kui *B. Bassiana* jõudis mõjuda, mille tagajärjel kahjurid paljunesid veelgi.

Kuigi bioloogiliste preparaatide puhul tavaliselt resistentsusest ei räägita, võib seegi teema siiski oluliseks osutuda. Dubovskiy *et al.* (2013) näitas, et laboratoorsetes tingimustes võib vahakoi (*Galleria mellonella* L.) muutuda resistentseks *B. bassiana* suhtes. Mõnede putukate vastupanuvõime sellele seenele võib ilmneda veel käitumuslikul tasandil. Mõned putukad on võimelised seene nakkust vähendama, puhastades end ja oma pesa, tootes antibiootikume, jättes vana pesa maha või kestumise käigus patogeenist vabanedes (Roy *et al.* 2006).

Käesoleva uurimuse põhjal võib järeldada, et preparaat BotaniGard 22 WP võiks osutuda tõhusaks ka hiilamardikate vastu, kuid vajab veel täiendavaid uuringuid, kuidas ja mis doosiga seda Eestis kasutada saaks.

4. KOKKUVÕTE

Taimekahjurid ohustavad põllumajandussaadusi ning nad on kulukas ja järjepidev katsumus põllumajandusettevõtetele. Keemilised pestitsiidid on peamiseks tõrjevahendiks, kuid aina enam muutuvad kahjurid nende vastu resistentseks. Keemilisele tõrjele alternatiiviks on integreeritud taimekaitse, mis kujutab endast entomopatogeensete mikroobide liikide kasutamist, peamiselt viirus-, bakter- ja seenpreparaate. Integreeritud taimekaitses üks võimalusi taimekahjureid ökoloogiliselt ohjata, on tõrjuda biotõrjevahendiga, mis põhineb seenel *Beauveria bassiana* Vuillemin. Biobestitsiide aga kasutatakse enamasti keskkonnas, mis on mõningal määral kontrollitavad ja ette aimatavad, selle tõttu teostati põldkatse ning koguti informatsiooni kirjanduspõhiselt.

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida *B. bassiana* kasutamise võimalusi erinevate putukkahjustajate vastu ja selgitada välja preparaadi BotaniGard 22WP mõju määr naerihilamardikale (*Meligethes aeneus* Fab.). Hilamardikate mõju määra selgitamisel teostasins katsed töödeldud ehk BotaniGard 22WP-ga pritsitud ja töötlemata katselappidelt kogutud mardikatega ja töötlemata/töödeldud õisi laboris toiduks pakkudes. Hüpoteesiks sai seatud, et seene *B. bassiana* mõju taimekahjustajatele on piisav, et seda laialdaselt kasutusele võtta.

Laborikatses töödeldud ja töötlemata mardikate vaatlus andis BotaniGard 22WP kokkupuutel soovitud suunas muutuse, kuid statistiliselt olulist erinevust ei saavutatud. Viiendast päevast hakkas biopreparaadiga töödeldud mardikate suremus tõusma ning kaheksandaks päevaks oli suremuse protsent töödeldud variandi puhul 36% suurem kui kontrollvariandiga võrreldes. Põllult kogutud mardikate puhul töödeldud ja töötlemata mardikate suremuses ilmnis märgatav erinevus 4–6 päevani. Kirjanduse põhjal uuritud mardikate suremus *B. bassiana* andis erinevatel taimekahjustajatel märkimisväärsed tulemusi. Olenevalt *B. bassiana* kogusest ning mardikast, oli suremuse protsent väga varieeruv.

Bakalaureusetöös püstitatud hüpoteesid leidis osaliselt kinnitust. Preparaat BotaniGard 22WP võiks osutada hilamardikate vastu tõhusaks, kuid selle täpseid doose ja kastusviisi tuleb veel uurida. Kuigi nimetatud preparaati ei ole mardikaliste vastu kasutamiseks välja töötatud, on seda kasutatud paljude sellesse gruppi kuuluvate kahjustajate vastu.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Ahuja, D.B., Ahuja, U.R., Singh, S.K., Singh, N.** (2015). Comparison of integrated Pest management approaches and conventional (non-IPM) practices in late-winter-season cauliflower in Northern India. *Crop Prot.*, 78, pp. 232-238.
- Aitken, A.D.** (1975). *Insect Travelers, I: Coleoptera*. Technical Bulletin 31. H. M. S. O., London.
- Allahvaisi, S.** (2013). Controlling *Lasioderma serricorne* F. (Col.: Anobiidae) by fumigation and packaging. *World Appl. Sci. J.*, 28, pp. 1983-1988.
- Alves, L.F.A., Gassen, M.H., Pinto, F.G.S., Neves, P.M.O.J., Alves, S.B.** (2005). Natural occurrence of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuilleman (Moniliales: Moniliaceae) on the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae), in a poultry house in Cascavel, PR. *Neotropical Entomology*. 34(3): 507-510.
- Alves, M., Boscolo, M., Fernandes, O.A., Nunes, M.A.** (2008): Mortality of *Bemisia tabaci* biotype B (Sternorrhyncha: Aleyrodidae) adults by aliphatic and aromatic synthetic sucrose esters. *Brazilian Archives of Biology & Technology*, 51: 1115–1119.
- Alyokhin, A.** (2009). Colorado potato beetle management on potatoes: current challenges and future prospects. *Fruit, Vegetable Cereal Sci Biotechnol* 3:10–19.
- Alyokhin, A., Baker, M., Mota-Sanchez, D., Dively, G., Grafius, E.** (2008). Colorado potato beetle resistance to insecticides. *Am J Potato Res* 85:395–413.
- Anderson, R.D., Bell, A.S., Blanford, S., Paaijmans, K.P., Thomas, M.B.** (2011). Comparative growth kinetics and virulence of four different isolates of entomopathogenic fungi in the house fly (*Musca domestica* L.). *J. Invertebr. Pathol.*, 107, pp. 179-184.
- Arthur, F.H.** (1996). Grain protectants: current status and prospects for the future. *J. Stored Prod. Res.*, 32, pp. 293-302.
- Ashworth, J.R.** (1993). The biology of *Lasioderma serricorne* J. *Stored Prod. Res.*, 29, pp. 291-303
- Balakrishnan, N., Murugesan, N., Vanniarajan, C., Ramalingam, A., Suriachandraselvan, M.** (2007). Screening of cotton genotypes for resistance to leafhopper, *Amrasca biguttula biguttula* Ishida in Tamil Nadu. *Journal of Cotton Research & Development*: 120–121.
- BCC research (2010). Biopesticides: the global market.- BCC Research Report, CHM029C <https://www.bccresearch.com/market-research/chemicals/biopesticides-market-chm029c.html> (01.04.2018).

- Belles, X., Baldellou, M. I., Piulachs, M. D.** (1984). Actividad ovicida del precocene 2 sobre la galeruca de aliso, *Agelastica alni* (L.) (Col. Chrysomelidae). Boletín de la Estación Central de Ecología 13: 97-99.
- Biswas, C., Dey, P., Gotyal, B.S., Satpathy, S.** (2015). A method of multiplex PCR for detection of field released *Beauveria bassiana*, a fungal entomopathogen applied for pest management in jute (*Corchorus olitorius*). World J.
- Borgemeister, C., Adda, C., Djomamou, B., Degbey, P., Agbaka, A., Djossou, F., Meikle, W.G., Markham, R.H.** (1994). The effect of maize cob selection and the impact of field infestation on stored maize losses by larger grain borer *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) and associated storage pests.
- BotaniGard 22WP <http://florawww.eeb.uconn.edu/msds/botanigard-22wp-label.pdf> (21.05.2018)
- Butt, T.M., Jackson, C.W., Magan, N.** (2001). Fungi as Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential, CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Cao, H.H., Liu, H.R., Zhang, Z.F., Liu, T.X.** (2015): The green peach aphid *Myzus persicae* perform better on pre-infested Chinese cabbage *Brassica pekinensis* by enhancing host plant nutritional quality. Scientific Reports, 6: 21954. doi: 10.1038/srep21954.
- Carreck, N.L., Butt, T.M., Clark, S.J., Ibrahim, L., Isgar, E.A., Pell, J.K., Williams, I.H.** (2007). Honey bees can disseminate a microbial control agent to more than one inflorescent pest of oilseed rape. Bioc. Sci. Techn. 17, 179–191.
- Cetin, H., Tufan-Cetin, O., Turk, A.O., Tay, T., Candan, M., Yanikoglu, A. et al.** (2008). Insecticidal activity of major lichen compounds, (–)- and (+)-usnic acid, against the larvae of house mosquito, *Culex pipiens* L. Parasitol Res 102:1277–1279.
- Chalhoub, B., Denoeud, F., Liu S., Parkin I.A.P., Tang H., et al.** (2014). Plant genetics. Early allopolyploid evolution in the post-Neolithic *Brassica napus* oilseed genome. Science 345:950–953
- Champ, B.R., Dyte, C.E.** (1976). Report of the FAO Global Survey of Pesticide Susceptibility of Stored Grain Pests. FAO, Rome, Italy.
- Chandler, D., Bailey, A.S., Tatchell, G.M., Davidson, G., Greaves, J., Grant, W.P.** (2011). The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management, Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B Biol. Sci., 366 (1573), pp. 1987-1998.
- Chen, J., Lai, Y., Wang, L., Zhai, S., Zou, G., Zhou, Z., Cui, C., Wang, S.** (2017). CRISPR/Cas9-mediated efficient genome editing via blastospore-based transformation in entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. Sci. Rep., 8, p. 45763.
- Cossentine, J., Thistlewood, H., Goettel, M., Jaronski, S.** (2010). Susceptibility of preimaginal western cherryfruit fly, *Rhagoletis indifferens* (Diptera: Tephritidae) to *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin Clavicipitaceae (Hypocreales). Journal of Invertebrate Pathology 30: 1-5.

- Da Silva, A.S., Quintal, A.P.N., Monteiro, S.G., Doyle, R.L., Santurio, J.M., Bittencourt, V.R.E.P.** (2006). Action of the fungus *Beauveria bassiana*, strain 986, over the biologic cycle of the *Alphitobius diaperinus* beetle in laboratory. *Ciencia Rural*. 36(6): 1944-1947.
- de Faria, MR., Wraight, SP.** (2007). Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biol Control* 43:237–256.
- Despins, J.L., Axtell, R.C.** (1995). Feeding behavior and growth of broiler chicks fed larvae of the darkling beetle, *Alphitobius diaperinus*. *Poultry Science*. 74(2): 331-336.
- Draganova, S., Takov, D., Doychev, D.** (2007). Bioassays with isolates of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Paecilomyces farinosus* (Holm.) Brown and Smith against *Ips sexdentatus* Boerner and *Ips acuminatus*.
- Drummond, R.O., Lambert, G., Smalley, H.E., Terrill, C.E.** (1981). Estimated losses of livestock to pests D. Pimentel (Ed.), *Handbook of Pest Management in Agriculture*, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 111-127.
- Dubovskiy, I.M., Whitten, M.M.A., Yaroslavtseva, O.N., Greig, C., Kryukov, V.Y., Grizanova, E.V., Mukherjee, K., Vilcinskis, A., Glupov, V.V., Butt, T.M.** (2013). Can insects develop resistance to insect pathogenic fungi? *Plos One*. 8:e60248.
- Edde, P.A., Sağlam, Ö., Phillips, T.W.** (2015). Resistance of *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae) to fumigation with phosphine. *J. Econ. Entomology*, 108, pp. 2489-2495.
- Ehler, L.** (2006). Integrated pest management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM *Pest Manag. Sci.*, 62, pp. 787-789.
- El, K.H., Devine, G.J.** (2003). Insecticide resistance in Egyptian populations of the cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Management Science*, 59: 865–871.
- Emsen, B., Bulak, Y., Yildirim, E., Aslan, A., Ercisli, S.** (2012). Activities of two major lichen compounds, diffractaic acid and usnic acid against *Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824 (Coleoptera: Chrysomelidae). *Egypt J Biol Pest Co* 22:5–10.
- Evans, H.F., Oszako, T.** 2007. Alien invasive species and international trade. *Forest Research Institute*. 179 p.
- Ffrench-Constant, R.H., Daborn, P.J., Le Goff, G.** (2004). The genetics and genomics of insecticide resistance. *Trends in Genetics* 20: 163-170.
- Fritzsche, R.** (1957). Zur biologie und ökologie der rapsschädlinge aus der gattung *Meligethes*. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 40, 222–280.
- Fu, J.Y., Han, B.Y., Xiao, Q.** (2014). Mitochondrial coi and 16s RNA evidence for a single species hypothesis of *E. vitis*, *J. formosana* and *E. onukii* in East Asia. *PloS One* 9 (12): e115259. doi: 10.1371/journal.pone.0115259.
- Hajek, A.E.** (1997). *Ecology of Terrestrial Fungal Entomopathogens*. Springer, Boston, MA.

- Hansen, L.M.** (2003). Insecticide-resistant pollen beetles (*Meligethes aeneus* F) found in Danish oilseed rape (*Brassica napus* L.) fields. *Pest Management Science*, 59: 1057–1059.
- Highley, E., Wright, E.J., Banks, H.J., Champ (Eds.), B.R.** Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-Product Protection, vol. 2, CAB International, Wallingford, UK, pp. 906-909.
- Hodges, R.J., Dunstan, W.R., Magazini, I.A., Golob, P.** (1983). An outbreak of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) in East Africa. *Prot. Ecol.*, 5, pp. 183-194.
- Hokkanen, H.M.T.** (1993). Overwintering survival and spring emergence in *Meligethes aeneus*: effects of body weight, crowding, and soil treatment with *Beauveria bassiana*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 67, 241–246.
- Hou, M., Liu, Y., Wang, B.** (2015): Laboratory assessment on virulence of entomogenous fungi against *Stephanitis nashi*. *Chinese Journal of Biological Control*, 31: 853–859.
- Hutchison, W.D., Burkness, E.C., Carrillo, M.A., Hurley, T.M., Pahl, A.** Fresh Market Cabbage: Increasing Economic Returns while Reducing Risk. Ilmateenistus (2018), Kuukokkuvõtted [on-line] <https://www.ilmateenistus.ee/kliima/kuukokkuvotted/>
- Imai, T., Harada, H.** (2006). Low-temperature as an alternative to fumigation to disinfest stored tobacco of the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae). *Appl. Entomology Zoology*, 41, pp. 87-91.
- Kaarli, K.** (2003). Õlikultuuride kasvataja käsiraamat. Eesti Maaviljeluse instituut. 47-50 lk.
- Karise, R., Muljar, R., Smagghe, Guy., Kaart, T., Kuusik, A., Dreyersdorff, G., Williams, I.H., Mänd, M.** (2015). Sublethal effects of kaolin and the biopesticides Prestop-Mixand BotaniGard on metabolic rate, water loss and longevity in bumble bees (*Bombus terrestris*). *Journal of Pest Science* ISSN 1612-4758 Volume 89 Number 1.
- Kocacevik, S., Sevim, A., Eroglu, M., Demirbag, Z., Demir, I.** (2015). Molecular characterization, virulence and horizontal transmission of *Beauveria pseudobassiana* from *Dendroctonus micans* (Kug.) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Applied Entomology* 139: 381-389.
- Kogan, M.** (1998). Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annu. Rev. Entomol.*, 43, pp. 243-270.
- Kolk, A., Starzyk, J.R.** (1996). Atlas of harmful forest insects. Warsaw, Poland.
- Kreutz, J., Zimmermann, G., Vaupel, O.** (2004). Horizontal transmission of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* among the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Col., Scolytidae) in the laboratory and under field conditions. *Biocontrol Science and Technology* 14: 837-848.

- Kryukov, V.Y., Martemyanov, V.V., Polovinka, M.P., Luzina, O.A., Dubovskiy, I.M., Serebrov, V.V. et al.** (2008). Usnic acid – promising synergist for biopesticide containing entomopathogenic microorganisms. *Dokl Biol Sci* 423:279–282.
- Kuske, S., Schweizer, C., Kölliker, U.** (2011). Mikrobielle Rapsglanzkäferbekämpfung: Erste Erfahrungen aus der Schweiz. *Agrarforschung Schweiz*, 2, 454–461.
- Lancashire, P.D., Bleiholder, H., Vandenboom, T., Langeluddeke, P., Stauss, R., Weber, E., Witzemberger, A.** (1991). A uniform decimal code for growth-stages of crops and weeds *Ann. Appl. Biol.*, 119, pp. 561-601.
- Liu, J., Sui, Y., Wisniewski, M., Drobv, S.** (2013). LiuReview: utilization of antagonistic yeasts to manage postharvest fungal diseases of fruit. *Int. J. Food Microbiol.*, 167 (2), pp. 153-160.
- Ma, D., Gorman, K., Devine, G., Luo, W., Denholm, I.** (2007). The biotype and insecticide-resistance status of whiteflies, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), invading cropping systems in Xinjiang Uygur Autonomous Region, northwestern China. *Crop Protection*, 26: 612–617.
- Marczali, Z., Nadazy, M.** (2006). Wintering characteristic of the *Meligethes* species in Hungary. *Journal of Central European Agriculture*, 7, 283–288.
- McAllister, J.C., Steelman, C.D., Newberry, L.A., Skeeles, J.K.** (1995). Isolation of infectious bursal disease virus from the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer). *Poultry Science*. 74(1): 45-49.
- Medvedev, L. N.** (1983). Chrysomelidae from Iran (Insecta: Coleoptera). *Senckenbergiana – Biologica* 64: 133-140.
- Metspalu, L., Williams, I.H., Jõgar, K., Ploomi, A., Hiisaar, K., Lääniste, P., Svilponis, E., Mänd, M., Luik, A.** (2011). Distribution of *Meligethes aeneus* (F.) and *M. viridescens* (F.) on cruciferous plants. *Žemdirbyste=Agriculture* 98 (1), 27–34.
- Minor, M.F.** (1979). Do adult cigarette beetle feed? *Tob. Sci.*, 23, pp. 61-64.
- Mithöfer, A., Boland, W.** (2008). Recognition of herbivory-associated molecular patterns. *Plant Physiology*, 146: 825–831.
- Müller, H.J.** (1941). Weitere beiträge zur biologie des rapsglanzkäfers, *Meligethes aeneus* F. (Ueber das winterlager und die massenbewegung im frühjahr). *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 51, 529–595.
- Oerke, E.C., Dehne, H.W.** (2004). Safeguarding production losses in major crops and the role of crop protection.- *Crop Protection*, 23: 275-285.
- Pekrul, S., Gula, E. A.** (1979). Mode of infection of the corn earworm (*Heliothis zea*) by *Beauveria bassiana* as revealed by scanning electron mic.
- Põllumajandusamet 2018: Eestis turule lubatud taimekaitsevahendid. [on-line]<https://portaal.agri.ee/> (20.05.2018).

- Pywell, R.F., James, K.L., Herbert, I., Meek, W.R., Carvell, C., Bell, D., Sparks, T.H.** (2005). Determinants of overwintering habitat quality for beetles and spiders on arable farmland. *Biological Conservation*, 123, 79–90.
- Rehner, S.A., Buckley, E.** (2005). A *Beauveria* phylogeny inferred from nuclear ITS and *EFI- α* sequences: evidence for cryptic diversification and links to *Cordyceps* teleomorphs, *Mycologia*, 97, pp. 84-98.
- Riosvelasco, C., Pérezcorral, D.A., Salasmarina, M.Á., Berlangareyes, D.I., Ornelaspaz, J.J., Muñiz, C.H.A., Camberocampos, J., Jacobocuellar, J.L.** (2009). Pathogenicity of the hypocreales fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against insect pests of tomato. *Southwestern Entomologist*, 39: 739–750.
- Roy, H.E., Steinkraus, D.C., Eilenberg, J., Hajek, A.E., Pell, J.K.** (2006). Bizarre interactions and endgames: entomopathogenic fungi and their arthropod hosts. *Annu Rev Entomol.* 51:331–357.
- Saeeda, M. B.E.E.M., Lainga, M.D., Miller, R.M., Bancolea, B.** (2017). Ovicidal, larvicidal and insecticidal activity of strains of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin against the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* Fabricius (Coleoptera: Anobiidae), on rice grain. *Journal of stored products research* 78-86.
- Safrit, R.D., Axtell, R.C.** (1984). Evaluations of sampling methods for darkling beetles (*Alphitobius diaperinus*) in the litter of turkey and broiler houses. *Poultry Science*. 63(12): 2368-2375.
- Samodra, H., Ibrahim, Y.** (2006). Effects of dust formulations of three entomopathogenic fungal isolates against *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) in rice grain. *J. Biosci.*, 17, pp. 1-7.
- Sarwar, M.** (2015). Microbial insecticides - an ecofriendly effective line of attack for insect pests management. - *International Journal of Engineering and Advanced Research Technology*. Vol. 1, No. 2, pp. 4–9.
- Scott, I.M., Tolman, J.H., MacArthur, D.C.** (2015). Insecticide resistance and cross-resistance development in Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) populations in Canada 2008–2011. *Pest Manag Sci* 71:712–721.
- Sevim, A., Demir, I., Sönmez, E., Kocaçevik, S., Demirbağ, Z.** (2013). Evaluation of entomopathogenic fungi against the sycamore lace bug, *Corythucha ciliata* (Say) (Hemiptera: Tingidae). *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 37: 595–603.
- Smith, R.F., Apple, J.L., Bottrell, D.G.** (1976). The origins of integrated pest management concepts for agricultural crops. *Integrated Pest Management*, pp. 1-16.
- Thomas, M.B.** (1999). Ecological approaches and the development of “truly integrated” pest management. *Proc Natl Acad Sci USA* 96(11):5944–5951.

- Todorova, S.I., Cloutier, C., Côté, J.C., Coderre, D.** (2002). Pathogenicity of six isolates of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina, Hyphomycetes) to *Perillus bioculatus* (F) (Hem., Pentatomidae). *Journal of Applied Entomology*, 126: 182–185.
- UN (1935) Genome analysis in *Brassica* with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilization. *Japan J Bot* 7:389–452
<https://www.jic.ac.uk/staff/ian-bancroft/sequencing.html> (29.04.2018).
- United Nations: Seven billion and growing: the role of population policy in achieving sustainability.- United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, Technical Paper No. 2011/3 [on-line]
http://www.un.org/esa/population/publications/technicalpapers/TP2011-3_SevenBillionandGrowing.pdf (18.04.2018).
- Vega, F. E., Kaya, H. K.** (2012). *Insect pathology*. 2nd edition Elsevier Inc., London, UK, Waltham, San Diego, USA.
- Vega, F.E., Meyling, N.V., Luangsa-ard, J.J., Blackwell, M.** (2012). Fungal Entomopathogens. In *Insect Pathology*. (second ed.), Edited by Vega F.E. and Kaya H.K. Academic Press, San Diego, pp. 171-220.
- Wang, C., St Leger, R.J.** (2007). The MAD1 adhesin of *Metarhizium anisopliae* links adhesion with blastospore production and virulence to insects, and the MAD2 adhesin enables attachment to plants. *Eukaryot. Cell*, 6, pp. 808-816.
- Williams, I.H.** (2004). “Advances in insect pest management of oilseed rape in Europe”. In *Insect Pest Management – Field and Protected Crops*, Edited by: Horowitz, AR and Ishaaya, I. 181–208. Heidelberg: Springer.
- Williams, I.H., Büchs, W., Hokkanen, H., Menzler-Hokkanen, I., Johnen, A., Klukowski, Z., Luik, A., Nilsson, C., Ulber, B.** (2005). MASTER – Integrating biological control within IPM for winter oilseed rape across Europe. *Proceedings of the BCPC International Congress, Crop Science & Technology*, Glasgow, 31 October–2 November 2005. pp 1, 301 – 308.
- Williams, I.H., Frearson, D., Barari, H., McCartney, A.** (2007). Migration to and dispersal from oilseed rape by the pollen beetle, *Meligethes aeneus*, in relation to wind direction. *Agricultural and Forest Entomology*, 9, 279–286.
- Xinzhao, Z., JingMei, D.** (2003). Syntheses of 3(2)-fluoro-4-methoxymethylbenzyl esters of two halogenated pyrethroid acids and their insecticidal activity. *Chin J Org Chem* 23:274–276.
- Yu, C., Subramanyam, B., Flinn, P.W., Gwirtz, J.A.** (2011). Susceptibility of *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae) life stages to elevated temperatures used during structural heat treatments. *J. Econ. Entomology*, 104, pp. 317-324.

THE EFFECT OF AN ENTOMOPATHOGENIC FUNGUS *Beauveria bassiana*
VUILLEMIN ON PEST INSECTS

Annabel Ansi

SUMMARY

Plant pests threaten agricultural products, are costly and consistent challenge for farmers. Chemical pesticides are the main means for control, but pests are increasingly becoming resistant to them. As an alternative to chemical control integrated plant protection methods are used. The methods include usage of entomopathogenic microbial species, mainly viral, bacterial and fungal preparations. One group of the biological insecticides are entomopathogenic fungal preparation, which often based on the fungus *Beauveria bassiana* Vuillemin. However, bio-pesticides are used in an environment that is to some extent verifiable and predictable, as a result of which field trials must be performed before suggesting preparations to use.

The aim of this work was to investigate the effectiveness of preparations including *B. bassiana* against various pests and to find out the impact of BotaniGard 22WP on pollen beetle (*Meligethes aeneus* Fab). In explaining the effect of fungus *B. bassiana* I carried through trials with beetles collected either from treated and untreated plots from the experimental field and with beetles from untreated field which were provisioned with treated/untreated flowers as food. In both cases the mortality of the beetles was observed in laboratory.

The laboratory test did not reveal significant differences, however the preparation still seemed to have positive trend to kill the beetles. The test with beetles collected from treated or untreated plots from field revealed a significant increase in mortality of pollen beetles, however the efficiency stayed low. A literary analysis led to the conclusion that most beetles can be controlled by *B. bassiana* strains. Based on published data the mortality rate of different beetles treated with varying conidium quantity of *B. bassiana* showed remarkable results. Independent on the amount of *B. bassiana* and the beetle species treated, the percentage of mortality was variable. However the dose was small against the pollen beetles somewhat higher dose had been used compared the dose used in the present study.

The hypothesis set out in the Bachelor Thesis was partially confirmed. The preparation is promising against the pollen beetles, but need more experiments to work out exact dosages and application strategies.

LISAD

Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavastegemiseksning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Annabel Ansi

(sünnipäev pp/kuu/aa) 04.08.1996

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

„Entomopatogeense seene *Beauveria bassiana* Vuillemin mõju taimekahjustajatele“

mille juhendaja on Reet Karise ,PhD., Marika Mänd, Prof.

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____

allkiri

Tartu, 22/05/2018

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri) (kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)